

# 牡丹江金厂矿区钻井液选用与堵漏技术

刘维平, 胡远彪

(中国地质大学(北京), 北京 100083)

**摘要:**介绍了牡丹江金厂矿区金刚石岩心钻探中钻井液的使用和堵漏技术应用问题。所采用的钻井液体系具有良好的防塌效果,且适应性强、粘度适中,形成的泥饼薄而致密且有韧性,能够有效地解决金刚石岩心钻探中出现的钻井液悬浮能力差、漏失严重的问题,对充分发挥金刚石钻进特点,防止孔壁垮塌起到了良好的作用。以 ZK-0003 孔为例,说明所采用的堵漏技术效果明显,成本低,堵漏后钻孔孔壁稳定,可在实际生产中推广应用。

**关键词:**金厂矿区;金刚石绳索取心;钻井液;堵漏

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)06-0013-03

**Drilling Fluids Selection and Lost Circulation Control Technology in Jinchang Gold Mine/LIU Wei-ping, HU Yuan-biao (China University of Geosciences, Beijing 100083, China)**

**Abstract:** This paper introduces the drilling fluids and lost circulation control technology applied in Jinchang gold mine, and takes an example of diamond wire-line coring drilling well (ZK-0003) to illustrate the high efficiency, low cost and stable hole wall. The drilling fluid system had good effect of caving prevention and lost control with strong adaptability and suitable viscosity; the formed thin mud-cake was dense and tough, with which low carrying capability and serious water loss were solved in small diameter wire-line coring drilling.

**Key words:** Jinchang gold mine; diamond wire-line coring drilling; drilling fluids; lost circulation control

## 1 概述

牡丹江金厂金矿床是 20 世纪 90 年代在国内发现的一个较为典型的火山角砾岩型金矿床。经初步勘查控制,金厂金矿床已获金推断内蕴经济资源量超过 30 t,品位 8 g/t,达到大型矿床规模<sup>[1]</sup>。钻探工程主要采用金刚石绳索取心钻进,先后进行了普查、详查、勘探 3 个阶段。但在实际钻进过程中,由于该处岩石多坚硬且研磨性高,地层较破碎、多发育裂隙和溶洞,常出现钻进效率低、钻井液漏失严重、钻孔坍塌、埋钻等事故,大大延误了工期、降低了工程质量。目前,处理类似问题主要采用的是用普通泥浆、水泥和下套管等护壁堵漏措施,但效果不是很好,成本也相对高。本文针对这种情况,介绍一种优质高效的钻井液配制方法,并结合 ZK-0003 钻孔钻井液护孔堵漏成功的经验,介绍一种针对裂隙发育地层优质高效的堵漏措施。实践表明,改进后的工程质量和钻进效率大幅度提高,平均孔优率由改进前的 21% 提高到 98%,平均台月效率由改进前的 300 m 提高到 488 m。

## 2 施工条件

### 2.1 地层概况

该矿区为山丘地形,系火山角粒岩型金矿。施工钻孔所见主要岩层有硅化云母石英片岩、变粒岩、斜长角闪岩、花岗闪长岩、花岗岩、花岗斑岩和闪长岩等,可钻性 7~10 级。处于元古界太平岭隆起与中生代老黑山断陷的交接部位,受角砾岩筒构造和环状、放射状断裂控制明显,断层、节理发育,碎裂岩化、揉皱厉害,造成钻孔坍塌、掉块、漏失,钻进困难,岩心采取率低。

### 2.2 钻进工艺

ZK-0003 钻孔为金厂矿区的一口金刚石岩心钻探钻孔,设计孔深 500 m,设计方位角 181°,设计倾角 78°。

根据金厂矿区地层情况,采用小口径金刚石绳索取心钻进,钻井液循环为正循环方式。小口径金刚石绳索取心钻进,具有提钻次数少、辅助时间短、纯钻进时间长、劳动强度低、综合效率高等优点,尤其适用深孔小孔径钻进。采用 XY-44 型钻机、BW-250 型泥浆泵和 JSJ-1000 型绞车作为主要钻进机械,钻头采用孕镶阶梯型金刚石钻头。钻孔开孔直径 110 mm,下入套管后用  $\varnothing 75$  mm 金刚石钻头一径到底,共换径一次。实际钻进过程中钻压保持在 50 kN、泵量 40~60 L/min、泵压 3~4 MPa、转数 600

收稿日期:2008-12-11

作者简介:刘维平(1986-),男(汉族),山东烟台人,中国地质大学(北京)本科在读,勘查技术与工程专业,研究方向为岩土钻掘工程,北京市海淀区学院路 29 号,king8671@126.com。

~1000 r/min。

### 3 钻井液技术难题

从已钻的地质和钻井液资料看出,在金厂矿区的钻井过程中,要解决的钻井液技术关键问题如下。

(1)表层存在较长井段的不成岩砂岩、腐殖质和残破土,易漏、易造成井径扩大,影响井身质量。

(2)地层中存在花岗闪长岩和火山角粒岩,岩石硬度高、研磨性强,因此常出现进尺慢、钻头磨损严重的现象,在实际钻进中平均每20 m就要换一次钻头,减少了正常钻进的时间,降低了钻进效率。特别钻到矿脉位置时,火山角粒岩硬脆,研磨性极高,进尺非常困难,取出的岩心多破碎,往往不能满足对矿脉位置取心率的要求。

(3)所钻地层存在着裂隙发育、破碎强烈、多溶洞的复杂地层,容易发生钻井液漏失严重、钻孔坍塌、埋钻,严重时可能造成整个钻孔的报废。

## 4 钻井液的选用与配制

### 4.1 钻井液的选用

钻井液体系选择合理与否,将直接影响到钻探质量、钻进效率和钻探成本。金刚石钻探钻具孔隙小、钻具外环状间隙小,在钻进硬、脆、碎不稳定地层时必须减小泥浆的流动阻力和泥饼厚度。针对金厂矿区地层坚硬裂隙发育的特点,决定选用低固相、低粘度、低失水的钻井液,低固相钻井液是小口径金刚石岩心钻进最常用、最有效的钻井液体系,它既可获得无固相钻井液体系的高钻速,又有较好的携带悬浮岩屑能力和防止孔壁垮塌的性能。处理剂分别采用羧甲基纤维素钠(CMC)、水解聚丙烯酰胺(PHP)和聚胺抑制剂(HPA)等常见护壁剂,并加入皂化溶解油作为钻具润滑剂。粘度高时可采用腐植酸钾作稀释剂,配制成低固相钻井液,性能控制标准为:密度 $1.04 \sim 1.05 \text{ g/cm}^3$ ,漏斗粘度25 s,失水量 $< 12 \text{ mL/30 min}$ ,泥饼厚度 $< 1 \text{ mm}$ ,pH值9~10,胶体率 $> 98\%$ 。但在使用过程中应注意避免泥浆固相污染、自然增稠及堵水、憋泵情况。泥浆中还应加入润滑剂,以降低回转阻力<sup>[2]</sup>。

### 4.2 钻井液的配制

原浆采用优质膨润土加水充分搅拌,水化24 h以上。添加剂选用羧甲基纤维素钠(CMC)、水解聚丙烯酰胺(PHP),并加入皂化溶解油作为润滑剂。羧甲基纤维素(CMC)是一种表面活性的阴离子高分子化合物,具有增稠、悬浮、稳定等作用,与锯末一

起使用,对封堵岩石裂缝、裂隙有明显效果,并且减少了膨润土的消耗量,降低了施工成本。水解聚丙烯酰胺(PHP)既可以实现低固相钻井液的粘度特点,又可以实现对钻进混合液中岩屑和劣质土的选择性絮凝作用,这种对钻井液体系的“自清洁”特点使钻井液中的岩屑和劣质粘土处于絮凝状态,利于机械设备将其清除,使钻进速度显著提高,并且可有效降低钻进成本;皂化溶解油用于润滑钻具,减少钻具回转的阻力,提高钻进效率<sup>[3]</sup>。具体配比是:100 kg水+5 kg膨润土+5 kg皂化溶解油,在搅拌池中充分搅拌,待膨润土完全溶解后,再加入PHP 100 mg/L,充分搅拌,最后加入0.5 kg CMC,再次充分搅拌,然后静置0.5 h以上,钻井液不分层即可使用。ZK0003孔钻井液性能为:粘度24 s,密度 $1.02 \text{ g/cm}^3$ ,失水量 $10 \text{ mL/30 min}$ ,泥皮厚度1 mm,pH值9, $\eta_p = 11 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ , $\tau_0 = 3.7 \text{ Pa}$ 。

### 4.3 现场应用

该钻井液有以下优点:(1)提高钻井速度;(2)钻井液的润滑性能好;(3)护壁性能好,并有一定的防漏和堵漏效用;(4)孔内清洁,减少卡钻、埋钻等孔内事故;(5)降低钻井成本和减小环境污染;(6)钻井液性能稳定,孔内钻进平稳,井眼比较稳定,顺利钻完破碎、裂隙发育的不稳定地层,岩心采取率高且岩心较完整<sup>[4]</sup>。说明此种钻井液体系完全可以满足金厂矿区一般金刚石取心的钻进要求。

从表1可以看出,采用改进后的钻井液体系,与以前使用的普通钻井液相比,不论从钻进效率还是岩心质量上都有大大提高,纯钻率提高了16%、辅助率降低了18.1%、停待率降低了1.3%、钻进时效提高了48%、岩心取率提高了5%。

表1 改进后钻井液与普通钻井液现场试验经济技术指标对比表

钻井液类型	纯钻率	辅助率	停待率	钻进时效	岩心采取率
	/%	/%	/%	/m	/%
普通钻井液	48	50	17	0.32	83
改进后的钻井液	64	31.9	15.7	0.6	88

### 4.4 调整与维护技术

(1)每个大班维护一次,酌情加入PHP 2~3 kg,CMC 1~3 kg,1~2天补充一次适量原浆;

(2)pH值保持在8~9之间,每班进行测定和调整;

(3)PHP要稀释到浓度1%,边搅拌边加入泥浆内,最好在循环槽内加入;

(4)CMC和PHP要提前24 h按要求加水浸泡,使其充分溶解以后方能进行配浆。

## 5 ZK-0003 钻孔漏失及堵漏方案

在绳索取心钻进工艺具有转速高、环状间隙小、冲洗液上返速度快、泵压高等特点。施工的矿区普遍存在着钻孔漏失、冲洗液消耗大,影响金刚石绳索取心钻进开高转速和孔底排除岩粉,容易造成钻杆折断、烧钻等孔内事故。特别是上部漏失、下部坍塌的地层,给施工带来很大的困难,从而造成金刚石钻进的小时效率和台月效率低,钻探成本高。根据施工矿区的地质情况和金刚石钻进工艺的特点,采用 PHP-CMC-锯末、海带护壁堵漏方法,进行试验,取得了较好的成效。

### 5.1 钻孔漏失情况

ZK-0003 孔钻进至 131.4 m 时,开始出现钻井液上返量减少的现象,且取出的岩心硬、脆、不完整,并可以看到大小不一的裂隙存在。但当时由于为了赶工期,采用顶漏钻进。这种钻进行为是非常危险的,它不但会使钻进效率降低、钻具磨损严重,而且会浪费大量优质钻井液,严重时会出现钻孔坍塌、埋钻等严重事故。在金厂矿区由于顶漏钻进引起的事事故屡见不鲜。顶漏钻进 3 天到 150 m 时,钻孔突然严重漏浆。为避免引起严重事故,决定停钻,对该孔进行堵漏。

通过起钻后 3 次观测孔内水位情况,发现孔内无固定的水位,说明漏失相当严重。从取上来的岩心上观察,发现在 130 m 左右有大裂隙和明显的破碎带存在(见图 1),初步判定该钻孔漏失主要由于地层破碎、裂隙发育,加之下放或者加单根速度过快,造成过高的激动压力,压漏地层,漏失位置应该在此深度处。



图 1 漏失裂隙

### 5.2 堵漏机理

采用随钻堵漏的思路,在泵的压力作用下,将改进后的泥浆、PHP、CMC、锯末、海带末配成的胶质浆液向孔内岩石裂隙中压入,因浆液颗粒细小,流动性能较好,易被挤进细小的裂隙中去。加入适量的水解度为 30% 的聚丙烯酰胺,由于聚丙烯酰胺的分子

链很长,可以将细小的粘土颗粒吸附到它的链节上,其电离水化基的水化膜和负电斥力的作用,又可以使分子链伸长,从而使泥浆经过“桥接”后,在孔壁上形成网状结构并吸附在破碎带上,达到降低失水量和保护孔壁稳定的目的。CMC 具有增稠、悬浮、稳定等作用,可以悬浮锯末、海带末等惰性材料,使其能够顺利被压入破碎带、裂隙,从而封堵漏失通道<sup>[5]</sup>。

### 5.3 堵漏浆液具体配置

具体配置方案是:在大约 100 kg 水中加入约 5 kg 膨润土,再加入 0.5 kg 氢氧化钠水溶液,然后加入 2~3 kg 惰性材料锯末,最后加入 5 kg 皂化溶解油,在搅拌池中搅拌大约 1 h,待膨润土完全溶解、锯末均匀分散后,加入水解聚丙烯酰胺(PHP) 100 mg/L,又充分搅拌,再加入 0.5 kg 羧甲基纤维素(CMC),再次充分搅拌,直至使其适于泥浆泵抽送。静置 0.5 h 以上,泥浆不分层后,采用泵送法向孔内泵入已配好的钻井液,泵压  $\geq 3$  MPa,钻机采用低速空转,同时反复小幅度上下提动钻具,利用此作用形成的抽吸、压入作用,将钻井液快速地输送到漏失位置,同时向孔底投入用塑料瓶装好的海带末,在孔底碾碎后,随钻井液一起到达漏失位置。

### 5.4 现场施工过程及效果

2008 年 7 月 1 日,对 ZK-0003 孔进行堵漏,现场实际堵漏情况如下:2008 年 7 月 1 日早晨,井深 151.35 m 起钻,下入光钻杆至井深 150 m 处,以 23 L/s 返排排量泵入堵漏浆,泵入 1.2 m<sup>3</sup> 时井口返浆,停泵观察液面下降缓慢,继续泵入堵漏浆至 12 m<sup>3</sup>,停泵观察井口液面基本不降,于是起钻至 79 m 处,以 24 L/s 排量泵入堵漏浆 2 m<sup>3</sup> 井口返浆,继续泵入堵漏泥浆共计 12 m<sup>3</sup> 后,关井憋压,立压升至 2 MPa 停泵后即迅速降为零,继续间歇性挤入堵漏浆 7 m<sup>3</sup>,立压最高升至 2.9 MPa,停泵后立压 10 s 内降至为零,开井观察可发现井口液面不停向上返排,返排量约 0.5 m<sup>3</sup>。静止至次日,开井发现井口液面没有返排现象,液面无下降趋势,组合钻具,分段小排量循环下钻。恢复正常钻进后漏失速度仅 0.6 m<sup>3</sup>/h,达到较好堵漏效果。

实践证明,对一般普通裂隙性漏失钻孔,采用泥浆、PHP、CMC、锯末、海带配成的胶质浆液堵漏,能减少运输量,降低成本,提高纯钻进时间和钻探效率。更主要的是能及时解决钻孔的一般性漏失问题,迅速恢复正常生产,避免因采用常规方法堵漏无

(下转第 18 页)

活塞的速度,把排量掌握在  $10 \sim 15 \text{ m}^3/\text{h}$ ,以后可加快钢丝绳的提下速度,提高排量,排量最高时达  $30 \text{ m}^3/\text{h}$  以上。两口井均用此法排酸约 30 h,排出的水由浅黄变成基本无色,水的 pH 值接近 7,排酸工作结束。

残酸要专门排放到一个放有烧碱的池子内,待中和后才能将其排走。

表2 酸化洗井前后抽水试验数据

井号	井深/m	抽水时间	静水位 /m	动水位 /m	降深 /m	水量 /m <sup>3</sup>	水温 /°C	单位出水量 /[ (m <sup>3</sup> · (h · m) <sup>-1</sup> ) ]	稳定时间 /h
牛 t	2100	酸化前	37.19	93.55	56.36	98.76	83	1.75	16
		酸化后	36.02	52.84	16.82	104.80	86	6.23	16
牛 s	1665	酸化前	35.50	118.70	83.20	75.73	87	0.91	16
		酸化后	32.82	55.85	23.03	113.00	91	4.91	16

## 5 结语

酸化洗井在地热井中应用的还较少,受技术及经济条件的制约,对施工中所采用的参数是否合理,还需要进一步探讨,不同地区和不同地层会存在差异。就这两口井来说,针对含水层分段压酸,可能会取得更好的效果。现场施工的经验及施工中的各项参数是非常宝贵的,应对此进行认真分析研究,以便在以后的施工中借鉴并逐渐加以完善。

(上接第15页)

效,孔壁恶化,造成无效进尺或者被迫提前终孔,致使钻探施工达不到原设计要求的损失。因此采取泥浆 - PHP - CMC - 锯末、海带浆液堵漏是一种较为经济、有效的方法。

## 6 结语

在牡丹江金厂矿区金刚石岩心钻探中,研究使用了由优质膨润土作为基浆,CMC、PHP、皂化溶解油等多种添加剂的低固相钻井液体系,对金刚石岩心钻进裂隙发育地层有良好的润滑减阻和护壁效果,钻进阻力小,钻头磨损轻,大幅度提高了纯钻时间;成功钻进裂隙发育等不稳定地层,降低了孔内事故发生率,辅助率和停待率也都大幅度降低;取出的岩心完整,且取心率高,满足了对矿脉位置取心率的要求。但应注意在金刚石岩心钻进中维护钻井液体系性能十分重要,一般要求控制低固相、低粘度、高矿化度和小滤失量,泥饼薄而韧,就可以起到较好钻

## 4 洗井效果

排酸结束后,下入潜水泵进行洗井和抽水试验。经过对比,牛 t 及牛 s 经过酸化洗井,单位出水量较酸化前分别提高 3.56 倍和 5.40 倍,温度分别提高 3 °C 和 4 °C。酸化洗井的效果显著,业主非常满意。两口井的酸洗前后抽水试验数据见表 2。

## 参考文献:

- [1] 孙国强. 压裂酸化在地热开发领域中的应用[A]. 水井钻井和成井新技术[C]. 北京:地质出版社,2004.
- [2] 刘福东,李子果,河北省固安县牛驮镇地热井勘查报告[Z].
- [3] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册[M]. 北京:中国石化出版社,2005.
- [4] 陈庭根,管志川. 钻井工程理论与技术[M]. 山东东营:石油大学出版社,2005.
- [5] 张景利,赵继斌. 井下作业工[M]. 北京:石油工业出版社,2007.

进效果和护壁作用。

实践表明,选用高密度泥浆加入水解聚丙烯酰胺、纤维素分选性好的堵漏材料,并配以锯末、海带末,形成的承压能力、憋压能力较强、高粘度、高切力的胶质堵漏浆液,能够迅速封堵裂隙性漏失,有效控制渗透速度。但应注意减少人为因素造成的孔壁压力增大,防止下钻作业以及下钻到底开泵过程中孔内钻井液激动压力过大压漏地层。

## 参考文献:

- [1] 朱成伟,陈锦荣,李体刚,等. 黑龙江金厂金矿床地质特征及成因探讨[J]. 矿床地质,2003,(1).
- [2] 鄢捷年. 钻井液工艺学[M]. 山东东营:石油大学出版社,2000.
- [3] 李世忠. 钻探工艺学(中册)[M]. 北京:地质出版社,1989.
- [4] 袁进科,陈礼仪,牛文林,等. 低固相钻井液体系在古叙煤田勘探中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1).
- [5] 宋碧涛,刘亚,薛芸,等. 江苏油田堵漏试验评价技术研究[J]. 钻井液与完井液,2007,24(3).